

湖北大冶铜山口地区地球物理深部找矿模式

梁学堂, 全浩理, 马玄龙, 李义

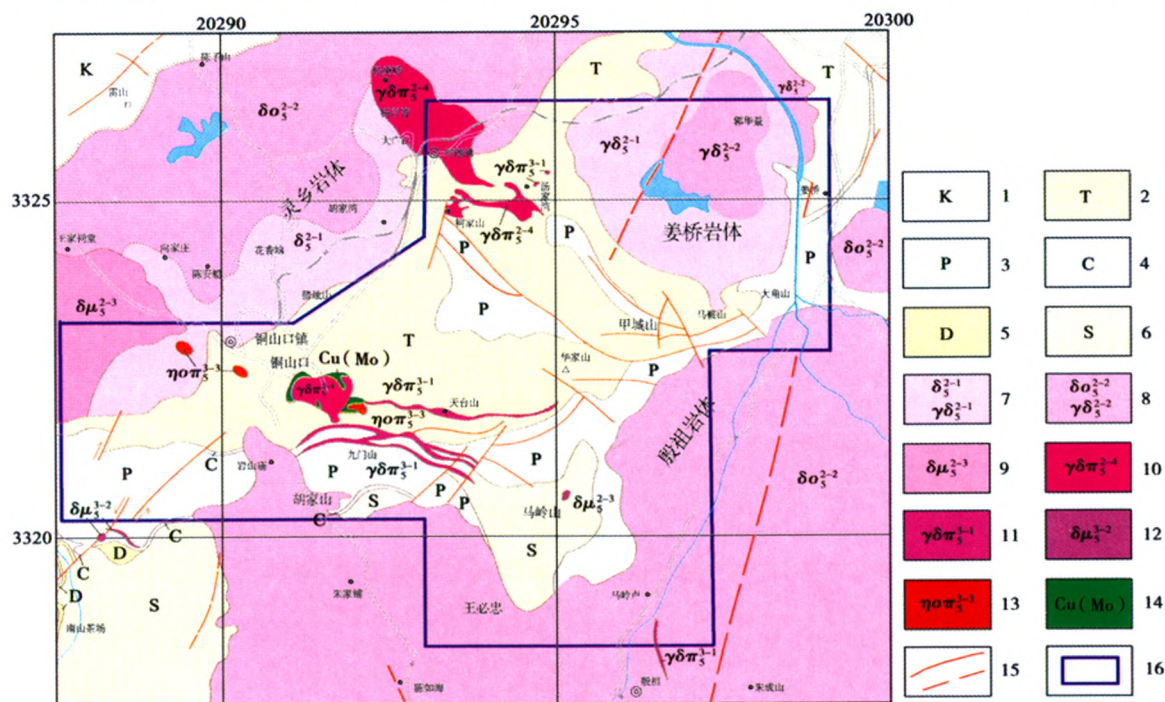
(湖北省地球物理勘察技术研究院, 湖北 武汉 430056)

摘要:为解决铜山口老矿区深部及外围找矿重大突破的技术难题,以重力调查方法为主,配合磁法及电法勘探,在铜山口地区开展了深部找矿方法技术研究。根据该地区热液型多金属矿床的成矿规律,建立了该地区地质—地球物理找矿模式。这对在长江中下游地区寻找与中酸性侵入岩有关的矽卡岩型和斑岩型铜、铁、钼等矿床具有一定的指导意义。

关键词:地球物理;重力勘探;磁法勘探;激电测深;可控源大地电磁测深;深部找矿模式;铜山口地区
中图分类号: P631 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2012)04-0697-08

湖北大冶铜山口地区,处于长江中下游成矿带西段,是长江中下游铁铜金成矿带重要组成部分。铜山口铜钼矿床是20世纪50年代发现的大型斑岩—矽卡岩混合型矿床;60年代经过湖北地质部门详查,提交铜金属含量42万t;80年代经过详查及补充详查,新增铜金属量约7万t。“十一五”期间,

山地工程施工时在铜山口矿床及其外围又发现多处小型铜钼、钨矿体。因铜山口地区具有良好的成矿地质条件,湖北地矿部门在该地区投入了大量的地质矿产勘查工作,但投入的各类矿调工作只局限于-500 m以上的深度,深部找矿(第二空间)工作一直没有开展。随着国家对战略资源需求量的不断增



1—白垩系安山岩、凝灰岩;2—三叠系白云岩、灰岩、黄色页岩;3—二叠系粉砂质页岩、炭质页岩、燧石结核灰岩、白云岩、灰岩;4—石炭系粉砂岩、灰岩;5—泥盆系黄色含砾石英砂岩;6—志留系粉砂岩、石英砂岩;7—燕山早期第一次侵入闪长岩、花岗闪长岩;8—燕山早期第二次侵入石英闪长岩、花岗闪长岩;9—燕山早期第三次侵入闪长玢岩;10—燕山早期第四次侵入花岗闪长斑岩;11—燕山晚期第一次侵入花岗闪长斑岩;12—燕山晚期第二次侵入闪长玢岩;13—燕山晚期第三次侵入石英二长斑岩;14—铜钼矿体;15—断层;16—工区范围

图1 铜山口地区岩浆岩分布

加,在老矿山深部及外围开展物探深部找矿工作显得尤为重要。为了查清该地区深部构造特征,发现隐伏矿体,探求资源量,在该区开展综合物探工作,在广泛收集测区内地质、物化探及物性资料的基础上,建立了该地区物探找矿模式,取得了铜山口深部及外围找矿的重大突破。目前根据物探圈定的异常,通过钻探工程,在方贤龙水库、郭家山、岩山庙一带-500 m 以下深部,发现多处与深部隐伏花岗闪长斑岩有关的铜钼矿体,扩大了铜山口地区铜钼资源量,为矿产开发提供了储备。

1 铜山口地区成矿地质背景

鄂东南地区在多次岩浆活动中,燕山旋回中酸性岩成矿最好,长江中下游铁、铜、钼、钨、铅、锌、铋、钽等内生金属矿产主要形成于该旋回,且具有数量多,储量大的特点,集中分布在长江中下游大冶县、阳新县、黄石市等地(图1)。

中酸性侵入岩形成的接触交代型矿产有黄石市铁山铁、铜矿床等;热液型矿产有大冶县刘家畈铁矿;斑岩型矿产有大冶县铜山口铜钼矿床等等。

铜山口地区斑岩型铜钼矿、矽卡岩型铁铜钼矿、钨矿等各类矿床的形成,与测区内燕山期大量侵入的花岗闪长斑岩岩体、岩筒、岩株、岩脉等密切相关。但-500 m 以上侵入的中酸性岩体地质研究程度相当高,因此物探工作的主要目的任务是通过1:1万高精度重磁调查,发现-500 m 以下深度隐伏花岗闪长斑岩及其他中酸性岩体的位置,达到间接找矿目的。

2 深部找矿方法的要求

开展“第二空间”找矿的主要难题是目标地质体埋藏深。深埋地质体与围岩因物性差异所产生的有用信号和浅埋地质体反映的信号相比,会衰减很多。因此,为了提取深部目标地质体产生的弱信号异常,必须采用高精度的重、磁、电及GPS等测量仪器,以提高野外各项观测精度;必须采用先进的数据处理手段,对重磁位场进行异常分离、转换、提取;对面积性工作所发现的重磁异常部位也要采用组合物探手段来开展精测剖面工作,以减少异常解释的不确定性。

具体方法如下。①投入设备:四台LCR-G型重力仪;5台GSM-19T型高精度磁力仪,5台套双频GPS测量仪,1台大功率多功能直流激电仪,1台V8电测系统。②物探测量工作:1:1万高精度重磁调查;网度:100 m×20 m;测地采用RTK方式施测,结

果进行高程异常改正;地形校正采用大比例尺的地形图分段进行地形校正。③主要技术指标:测点平面精度 ± 0.104 m;测点高程精度 ± 0.034 m;布格异常总精度: $\pm 0.093 \times 10^{-5}$ m/s²;ΔT磁异常总精度: ± 2.92 nT。④剖面方法组合:1:5 000重磁精测剖面、长导线激电测深、可控源大地电磁测深。⑤数据处理方法:重磁位场分离采用滑动平均滤波及小波多尺度分析技术;重磁位场转换主要方法有水平方向导数、水平总梯度模、垂向二阶导数、向上延拓等;重力剖面反演采用2.5D可视化反演技术进行三维建模反演。

3 测区岩矿石物性特征

沉积岩主要岩性有灰岩、炭质灰岩、页岩、白云岩、粉砂岩、石英砂岩等。其物性特征表现为无磁性、岩石密度值中等(约2.67 g/cm³左右);灰岩、白云岩、石英砂岩为高电阻率特征,炭质灰岩、页岩、粉砂岩等呈低电阻率特征。

岩浆岩主要岩性有花岗闪长斑岩、闪长玢岩、闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩等,其中花岗闪长斑岩、闪长玢岩为弱磁低密度的物性特征;闪长岩为高磁高密度的物性特征,石英闪长岩、花岗闪长岩为中等磁性、偏低密度的物性特征。

矿石主要为斑岩型铜钼矿、矽卡岩型铁铜钼矿、钨矿等。其物性特征表现为高磁高密度、低电阻率高极化率。

物性特征表明(表1),各种性质的侵入岩与围岩有较大的物性(密度、磁性及电性)差异,故剩余重力异常或磁异常能较好地反映测区内隐伏半隐伏岩体的位置、岩体与围岩深部接触带、沉积岩地层的分布特征及可能的断裂带展布特征,重、磁、电组合异常,可反映出区内可能的矿致异常位置等。

4 找矿信息提取

4.1 剩余布格重力异常

布格重力异常是局部重力异常与背景场叠加的结果,单从布格异常来研究局部地质体的产状特征是困难的。为了求取局部异常,用以反映与区内成矿密切相关中酸性岩体的分布特征,经过试验对比,采用4.1 km×4.1 km的窗口进行滑动滤波,得出的剩余异常符合测区实际地质情况(图2)。滑动滤波值作为测区区域场,剩余场则作为局部异常解释的依据。根据物性资料分析,负局部重力异常(兰色)反映的是密度较小的中酸性隐伏、半隐伏岩体的侵入位置,正局部重力异常(红色)是测区内密度相对

表 1 测区岩矿石物性参数统计

岩性			密度 $\sigma/(\text{g}/\text{cm}^3)$	磁化率 $\kappa/(10^{-6} \times 4\pi \text{ SI})$	剩余磁化强度 $M_r/(10^{-3} \text{ A}/\text{m})$	电阻率 $\rho/(\Omega \cdot \text{m})$	极化率 $\eta/\%$
岩 浆 岩 类	花岗闪长斑岩		2.64	55	16	200 ~ 1400	2.66
	高岭石绿泥石化花岗闪长斑岩		2.46	277	157		
	钾长石化花岗闪长斑岩		2.72	159	129	350 ~ 1600	3.20
	石英闪长岩		2.65	1329	106	1000 ~ 4000	3.10
	闪长岩		2.86	5831	203	200 ~ 1000	2.59
	闪长玢岩		2.62	300	113		
沉 积 岩 类	三叠系	T_1d^4 灰岩	2.71	无磁性	无磁性	1100 ~ 7500	1.77
		T_1d^3 泥质条带灰岩、灰岩	2.73	无磁性	无磁性		
		T_1d^2 灰岩	2.71	无磁性	无磁性	2500 ~ 12000	1.65
		$T_{1-2}j^1$ 白云岩	2.72	无磁性	无磁性		
	二叠系	P_1m^2 灰岩	2.64	无磁性	无磁性		
		P_1q^2	2.72	无磁性	无磁性		
变 质 岩 类	大理岩类	T_1d^4 大理岩	2.72	无磁性	无磁性	1300 ~ 9000	2.90
		C_2h 大理岩	2.78	无磁性	无磁性	2000 ~ 7800	2.13
		$T_{1-2}j^1$ 白云质大理岩	2.77	无磁性	无磁性		
		砂卡岩化大理岩(含铜)	2.80	无磁性	无磁性		
矿 石 类	含矿砂卡岩	透辉石砂卡岩(铜)	3.25	99	17	300 ~ 600	5.02
		透辉石砂卡岩(含铜钼)	3.55	313	21		
		石榴子石砂卡岩(含铜钼)	3.57	502	65		
		含铜钼石榴子石砂卡岩	3.09	153	281		
		铜钼矿石	3.30	1536	508	60 ~ 170	20.5
		磁铁矿	4.12	726 ~ 248100	14287	80 ~ 200	18.1
		块状黄铜矿 黄铁矿	3.87			100 ~ 400	26.9

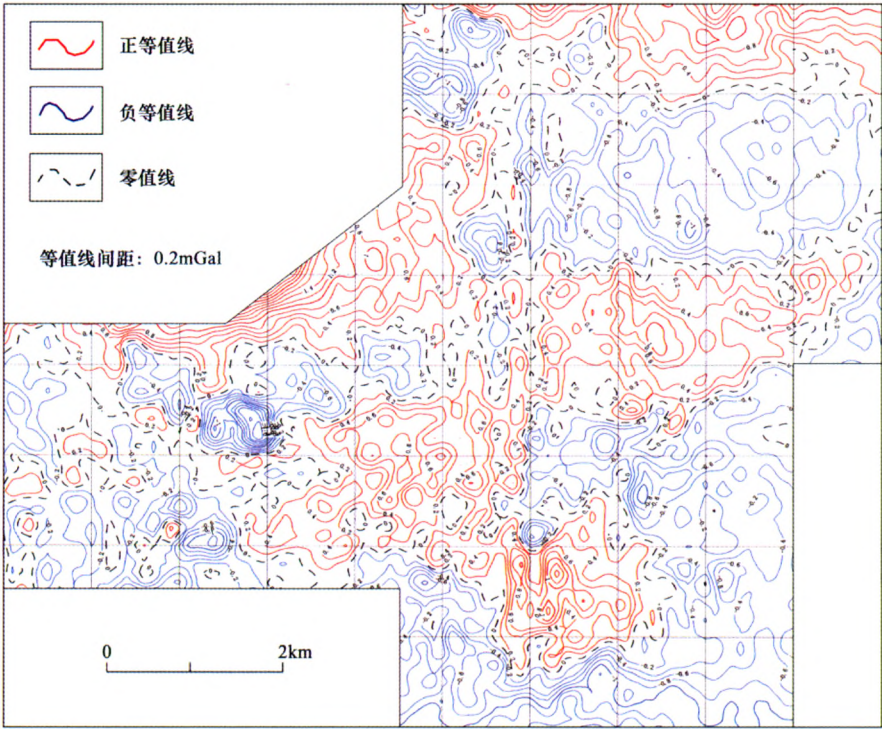


图 2 铜山口地区剩余布格重力异常等值线平面

较大沉积地层的反映。

4.2 垂向二阶导数异常

为了圈定测区内中酸性隐伏岩体的地面投影位置
和边界,对布格异常求垂向二阶导数,利用艾勒金
斯 I 式

$$g_{zz} = \frac{1}{60R^2} \cdot [64g(0) - 8\bar{g}(R) - 16\bar{g}(\sqrt{2}R) - 40\bar{g}(\sqrt{5}R)]$$

计算。式中: $g(0)$ 为坐标原点 O 的重力异常; \bar{g} 为以 O 为圆心, R 为半径的圆周上重力异常的平均值。

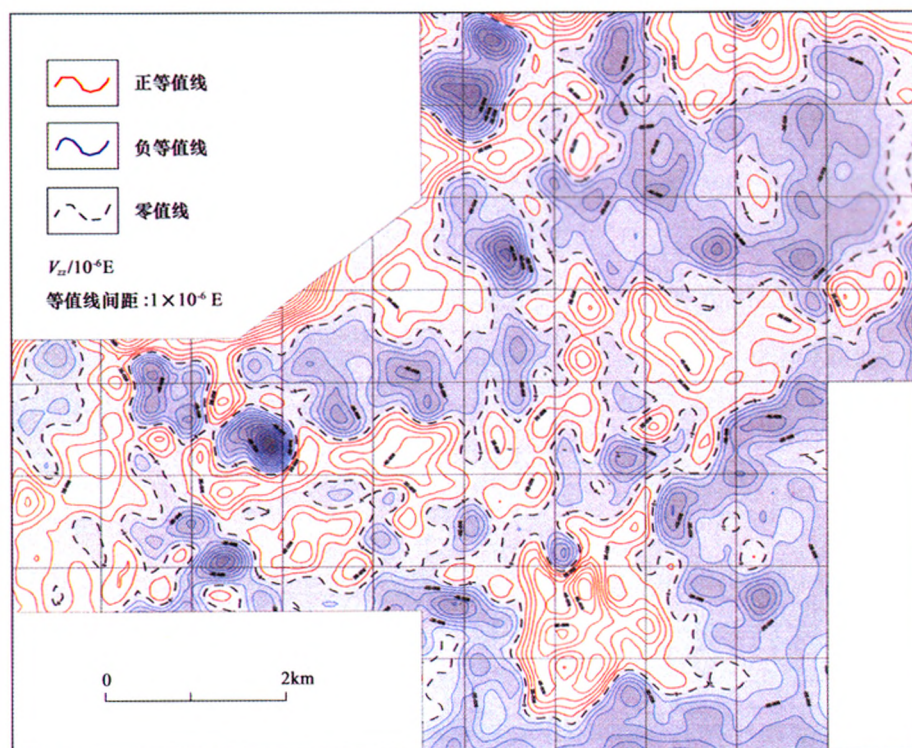
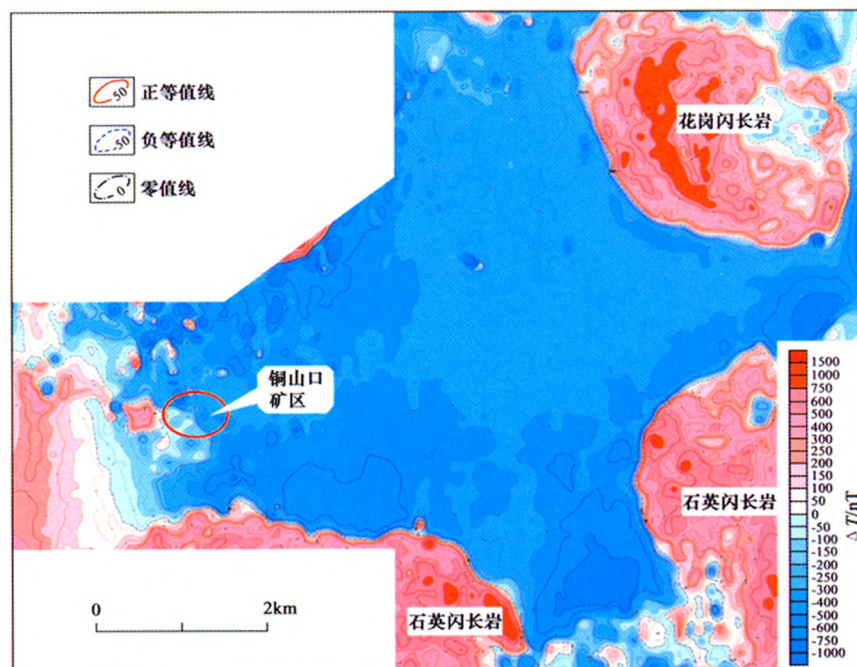


图3 铜山口地区测区垂向二阶导数异常等值线平面

图4 铜山口地区 ΔT 磁异常化极等值线平面

垂向二阶导数异常图(图3)显示出比剩余异常更高的分辨率,其零值线可以作为局部地质体的边界。特别是负值区域,与隐伏半隐伏岩体的位置对应关系更好。

4.3 ΔT 磁异常化磁极

对 ΔT 磁异常进行化磁极处理,结合重力异常

进行联合解释,用单一方法解释存在多解性的问题。化磁极后的 ΔT 磁异常的正值区域和剩余重力异常的负值区域重叠的部位,能准确地反映测区内中酸性岩体的位置。

由图4知,测区中部地区磁异常为平缓的负值区域,对应了志留系—三叠系沉积岩地层的分布范

围;在测区东北角、东南角、南部边界,磁异常呈幅值大、异常规整的正值区域,对应了区内已知大型岩体的分布(花岗闪长岩、石英闪长岩);在测区西北部、大型岩体的四围及部分沉积岩分布区,分布有异常幅值大小不等的局部磁异常,对应了区内小型岩筒、岩株、岩枝、岩脉的侵入位置及磁铁矿的产出部位。

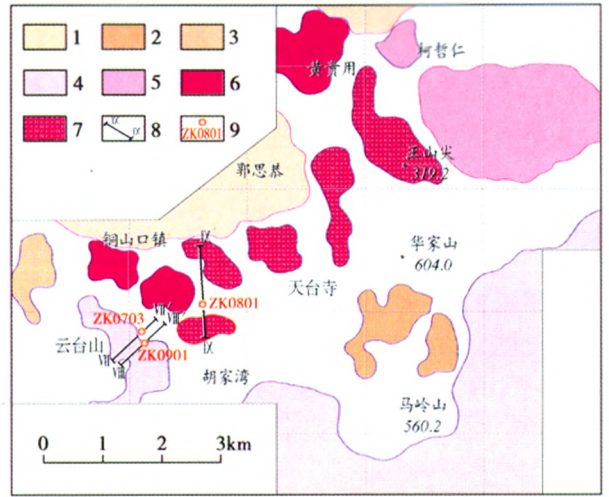
从图3和图4相比较来看,平静的负磁异常区,重力异常呈片状重力高;规整的正磁异常区,重力异常一般呈片状重力低。特别是测区东北角、东南角及南部边界位置,正磁异常边界与重力负异常的梯级带完全相重合。重磁异常的这种负相关特性,是与测区内的物性特征是高度吻合的。但值得注意的是那些位于平静的负磁异常区内的近似等轴状的局部重力低异常,根据物性资料推测,是测区内侵入沉积地层内的花岗斑岩隐伏岩体引起的。因花岗斑岩磁性弱,或侵入的位置比较深,在磁异常图上没有明显的反映。根据区内的成矿地质规律,这种侵入沉积地层内的花岗斑岩隐伏岩体,正是深部寻找盲矿体的有利部位。

运用重磁异常联合解释,准确圈定出隐伏岩体的侵入部位或接触带,是铜山口地区开展深部找矿

工作的关键。

4.4 铜山口地区隐伏中酸性岩体分布特征

图5是根据测区垂向二阶导数异常图综合小波细节分析结果得出的岩浆岩分布图。中酸性岩浆岩(特别是花岗闪长斑岩)是铜山口地区重要的成矿物



1—闪长岩;2—燕山晚期闪长玢岩;3—燕山早期闪长玢岩;4—石英闪长岩;5—花岗闪长岩;6—花岗闪长斑岩;7—隐伏花岗闪长斑岩;8—物探剖面;9—钻孔位置及编号

图5 铜山口地区 ΔT 磁异常化极等值线平面

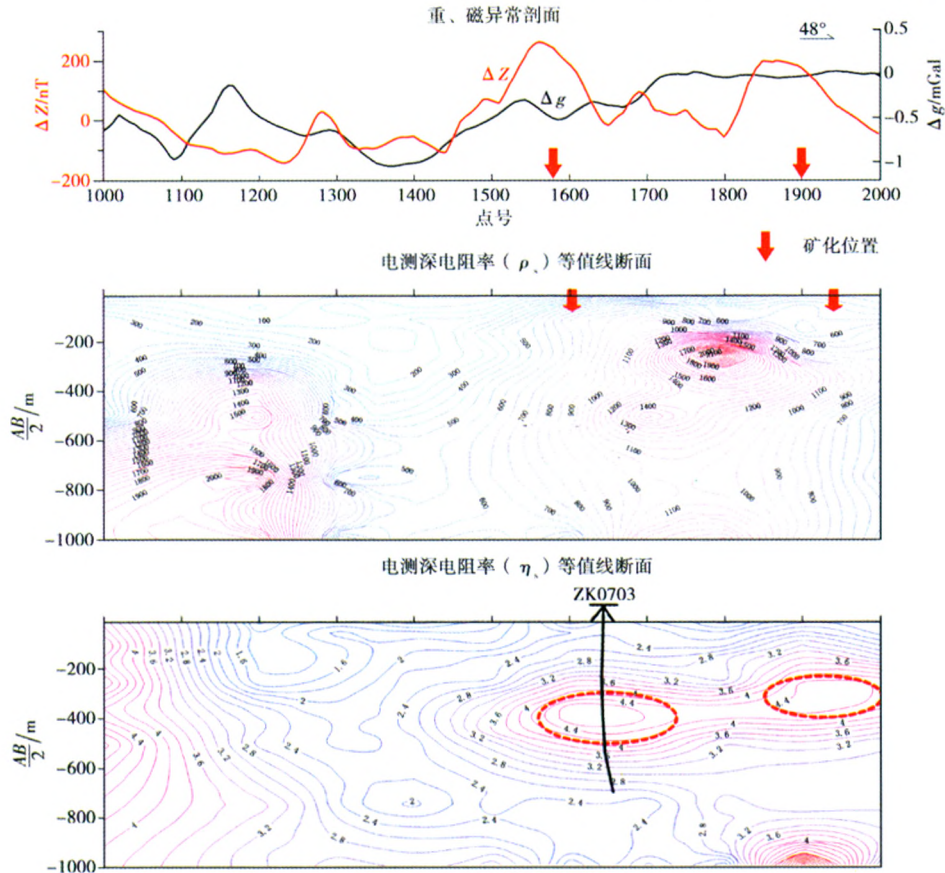


图6 铜山口地区VII号重、磁、电综合异常剖面

质来源,与该地区矽卡岩型及斑岩型铜铅矿床的形成密切相关。查清区内小型中酸性岩体的隐伏位置、深度及其他产状特征,可以为在本地区开展深部找矿提供靶区。

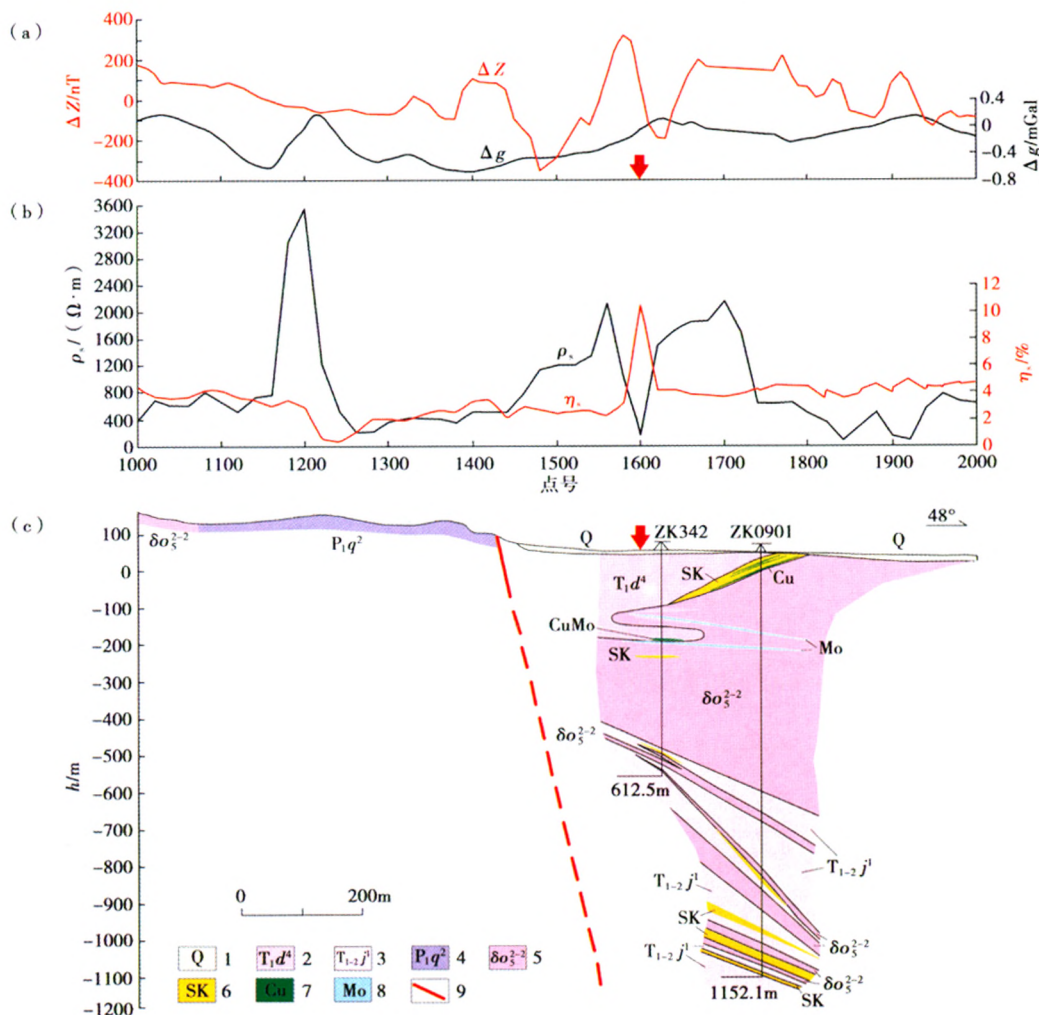
图5所反映出的岩体分布的信息,和地质上已知的岩浆岩分布(见图1)相比,有很大的不同,比如在测区西北铜山口矿区附近及周边,除已知小型岩体外,本次发现还存在数量可观的小型隐伏花岗闪长斑岩体,这对以后在本地区开展深部找矿工作起着重要的指导意义。

5 应用物探组合手段确定矿化(体)位置

根据重磁异常圈定的中酸性隐伏岩体位置,布置大比例尺的重磁电精测剖面,确定岩体蚀变矿化程度,查明矿(化)体的产状特征。下面选择Ⅶ、Ⅷ、Ⅸ三条剖面进行介绍(见图5)。

5.1 Ⅶ号剖面矿化(体)位置确定

Ⅶ号剖面,垂直于石英闪长岩引起的重力低异常走向,位于铜山口矿区西南侧,剖面长度1 000 m,点距10 m。从图6可以看出,在1800号测点下部,对应 $AB/2$ 约200~400 m深度,存在呈等轴状高阻异常区。根据测区物性特征推断,高阻异常为大理岩捕虏体引起。在大理岩捕虏体两侧,有两处极化率异常区;对应极化率异常位置,有幅值达250 nT的磁异常与之对应,重力异常则无明显对应关系。综合地质情况分析认为,两处极化率异常为大理岩捕虏体两侧与岩浆接触交代形成的矽卡岩铜铅矿引起。从电测深断面图(在鄂东南地区,一般以 $AB/4$ 或 $AB/5$ 作纵坐标,大致可作为金属极化体估算埋深)推断,矿体埋深-150 m左右。后经ZK0703钻探验证,在1650号测点下部-110 m深处发现了厚达8 m的小型矿体。



1—第四系;2—三叠系大理岩;3—三叠系白云质大理岩;4—二叠系含燧石大理岩;5—石英闪长岩;6—矽卡岩;7—铜(铅)矿体;8—铅矿体;9—断裂

图7 铜山口地区Ⅶ号地质—重、磁、电综合异常剖面

5.2 VIII号剖面矿化(体)位置确定

VIII号剖面与七号剖面平行,二者相距 600 m,剖面长度 1 000 m,点距 10 m。VIII号剖面只进行了激电中梯,未开展激电测深工作。从图 7a、b 看出,对应 1600 号点位置,呈低电阻率高极化率、高磁高重异常显示,与 VII 号剖面异常特征相同,为大理岩与花岗闪长斑岩接触交代形成的矽卡岩型铜钼矿引起。后经 ZK0901 钻探验证,在 -50 m 深度见铜钼钨矿体,厚度约 7 m。为查明该测段深部矿化情况,增加了钻孔深度,结果又在 -1 000 m 之下发现了多层矽卡岩铜矿化(图 7c)。

5.3 IX号剖面矿化(体)位置确定

IX号剖面位于铜山口矿区西侧,南北走向,垂直东西走向的重力低缓异常(推断为深部隐伏岩体引起),剖面长度 1 500 m,点距 10 m。从图 8 看出,在

2200~2500 测段,对应 $AB/4$ 约 -100~-400 m 深度,激电测深呈低电阻率高极化率特征,重磁无明显异常,物探推断为含炭灰岩引起,后经钻探验证了物探的推断,在 150 m 深处见到了黄铁矿化及含炭灰岩。在 1700~1900 测段,对应 $AB/4$ 在 -400~-800 m 深度,激电测深曲线呈高阻、高极化率显示,重力呈相对高显示,无明显磁异常反映。综合地质情况分析认为,高电阻率为白云岩引起,因白云岩易于破碎,含铜热液沿裂隙侵入(下部有岩体),矿化呈细脉浸染状,引起了高极化率反映。另外因白云岩密度较高,故重力异常呈相对高显示。后经 ZK0801 钻探验证,在 1800 号测点下部 -300~-800 m 深度,钻遇三层铜矿(累计 8.38 m)、一层钨矿。铜、钨及伴生钼、金($Au:0.16g/t$)均达工业品位。

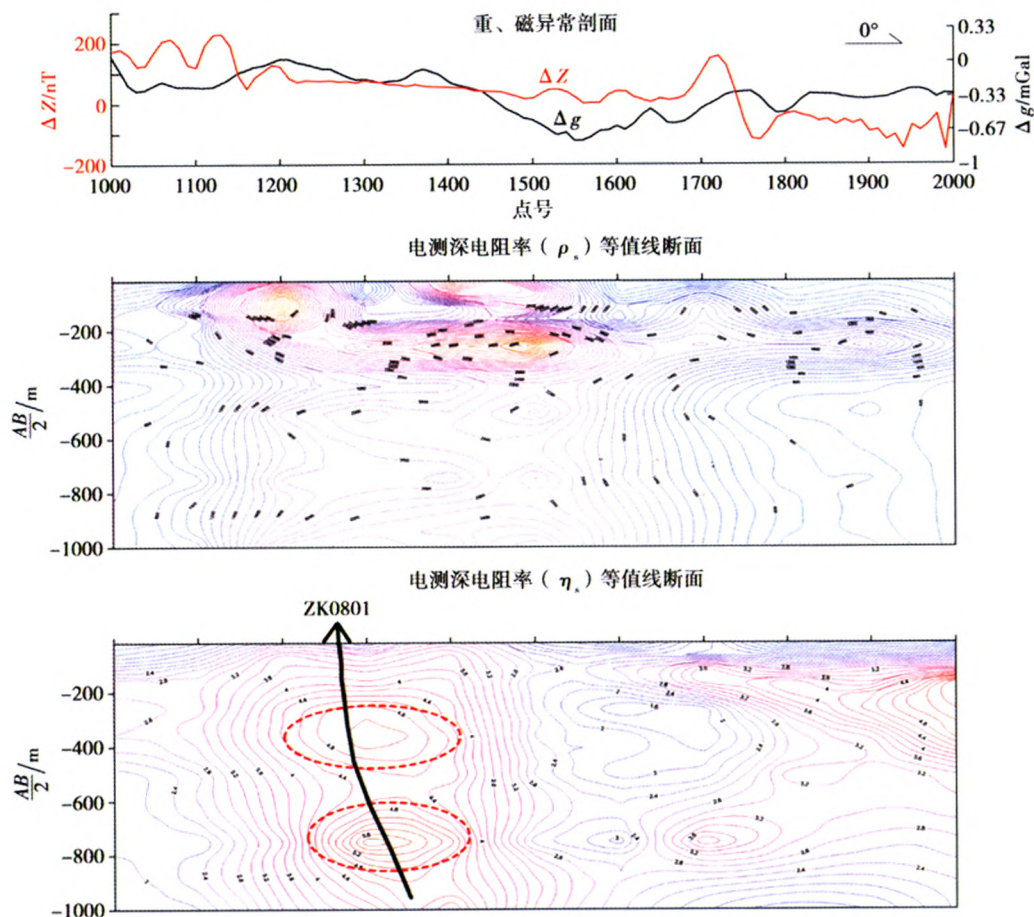


图 8 铜山口地区 IX 号地质—重、磁、电综合异常剖面

6 物探找矿综合模式

6.1 铜山口市斑岩—矽卡岩复合型铜(钼)矿

物探标志:呈环状或似环状分布的磁异常和低重力异常是斑岩体的发现标志;激电异常为高极化

率低电阻率异常显示为矿化位置。

化探标志:水系沉积物铜异常是重要的发现标志。原生晕铜、钼、钨、铅、锌异常分带性好是最有利的找矿标志。

地质标志:燕山早期第四次侵入含矿花岗闪长

斑岩;三叠系大冶组灰岩、白云岩;透辉石、蛇纹石矽卡岩和石榴石矽卡岩,与铜、钼、钨矿化关系密切。

6.2 构造热液型金、钨、铜、钼矿

物探标志:对应岩脉、小岩株、小岩体等呈重力低异常,弱磁异常、激电异常显示为高极化率高电阻率异常。

化探标志:原生晕金、钨、铜、钼、铅、锌异常为找矿标志。

地质标志:燕山各期中酸性小岩体、岩脉;二叠三叠系地层;硅化破碎带;黄铁矿化、硅化碎裂花岗岩闪长岩、长英岩脉、石英脉等。

7 结论

通过本次物探工作,在铜山口地区新发现了一批深度隐伏的中酸性侵入岩,经过对部分物探异常进行验证,认为隐伏岩体普遍具有强烈矿化现象,说明了在鄂东南地区深部找矿还有着广阔的前景。

本次物探工作的成功,得益于物探方法、技术的正确运用。这主要表现在三个方面:一是采用了高精度的物探仪器,提高了物探工作的质量和精度;二是通过对重磁数据进行处理,提取和分离出了区内深部中酸性岩体产生的弱重磁异常;三是采用物探

组合手段,排除了物探解释的多解性。

在铜山口地区开展深部找矿研究,建立该地区物探找矿模式,对在长江中下游地区寻找与中酸性侵入岩有关的斑岩型和矽卡岩型铜、铁、钼等类型的矿床具有一定的指导意义。

参考文献:

- [1] 湖北地质矿产局.湖北省区域地质志[M].北京:地质出版社,1990.
- [2] 曾华霖.重力场与重力勘探[M].北京:地质出版社,2005.
- [3] 管志宁.地磁场与磁力勘探[M].北京:地质出版社,2005.
- [4] 张明华.重磁电数据处理解释软件 RGIS[M].北京:地质出版社,2011.
- [5] 梁学堂.鄂北地区推覆构造重磁异常特征[J].物探与化探,2007,31(5).
- [6] 刘天佑.位场勘探数据处理新方法[M].北京:科学出版社,2007.
- [7] DZ/T0171-1997 大比例尺重力勘查规范[S].
- [8] 刘菁华.河南嵩县钼矿的电性特征[J].物探与化探,2010,34(4).
- [9] 孙文珂.物探找隐伏矿的几个技术问题[J].物探与化探,1991,15(2).
- [10] 周涛发.长江中下游成岩成矿作用研究进展[J].岩石学报,2008,24(8).

GEOPHYSICAL DEEP ORE-PROSPECTING MODEL FOR TONGSHANKOU AREA OF DAYE, HUBEI PROVINCE

LIANG Xue-tang, QUAN Hao-li, MA Xun-long, LI Yi

(Institute of Geophysical Exploration Technology of Hubei Province, Wuhan 430056, China)

Abstract: For the purpose of solving the difficult technical problem of making important breakthrough in deep and peripheral ore-prospecting work of the Tongshankou old mining area, the author mainly used gravity survey in combination with magnetic and electrical exploration to conduct researches on deep ore-prospecting methods and techniques in Tongshankou area. A geological-geophysical ore-prospecting model for this area was established on the basis of the metallogenic regularity of hydrothermal polymetallic ore deposits in this area. The results obtained are of some guiding significance in search for copper, iron, molybdenum and some other kinds of ore deposits related to intermediate-acid intrusive rocks in the middle and lower reaches of the Yangtze River.

Key words: geophysics; gravity exploration; magnetic exploration; induced polarization sounding; controlled source magnetotelluric sounding; deep prospecting model; Tongshankou area

作者简介:梁学堂(1964-),男,物探教授级高级工程师,长期从事区域重力调查、地球物理及数据处理与研究工作。